

تئوری جریان متغير تدريجي (دائمی) در کانالهای باز:

مقدمه:

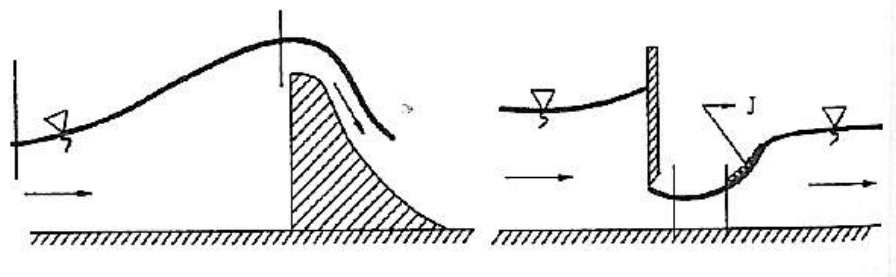
در فصل چهارم مشخصات و محاسبات جریان یکنواخت شرح داده شد و مبانی طراحی کانالهای باز براساس جریان یکنواخت بیان گردید. فصول پنجم و ششم به تشریح چگونگی پیدایش، مشخصات و محاسبات جریانهای متغير تدريجي می پردازند. با توج به این که سطح آب در جریانهای متغير تدريجي دارای انحناء می باشد، بررسی چگونگی تغییرات منحنی های سطح آب (که به نیمرخهای سطح آب موسومند) از اهمیت ویژه ای برخوردار است، لذا در فصل پنجم انواع نیمرخهای سطح آب، مشخصات نیمرخها و نحوه شکل گیری آنها به صورت تئوری تشریح کیفی خواهند شد. بررسی تغییرات کمی عمق و سرعت در جریاهاى متغير تدريجي، که از مواجهه جریانهای یکنواخت یا عواملی چون سرریزها، دریچه ها، پلها و ... به وجود می آیند، موضوع فصل ششم می باشد.

شکل گیری جریان متغير تدريجي:

در بخش ۱-۳ جریان متغير تدريجي، که در آن انحناء جریان کوچک بوده و تغییرات عمق در فاصله طولانی از مسیر جریان صورت می گیرد، تعریف گردید. ملاحظه

مجدد شکل ۱-۴ نشان می دهد که در حقیقت این جریان متغیر تدریجی (جریان شتابدار) است که پس از طی مسافتی در یک کانال طولانی تبدیل به جریان یکنواخت می شود (جریان در نواحی ۲ و ۶) و یا بالعکس می توان گفت که جریان یکنواخت در صورت مواجهه با یک مکانیسم شتاب دهنده نظیر شیب شکن، تغییر شیب و ... تبدیل به جریان متغیر تدریجی می گردد (جریان در نواحی ۴ و ۷). این نکته نیز نباید از نظر دور بماند که هرگونه تبدیل جریان یکنواخت به جریان متغیر تدریجی و یا تبدیل جریان متغیر تدریجی به جریان یکنواخت ممکن است از یک جریان با انحنای شدید (جریان متغیر سریع) نیز عبور نماید. در این فصل تنها به جریانهای متغیر تدریجی اشاره می گردد و در محاسبات مربوطه نیز طولهای کوتاهی که جریان در آنها از نوع جریان متغیر سریع است در نظر گرفته نمی شوند. این طولها نسبت به مسافتهای طولانی، که جریان در آنها متغیر تدریجی است، قابل صرفنظر کردن می باشند. جریانهای متغیر سریع که در مواردی نظیر انداز گیری جریان از روی سرریزهای لبه تیز اهمیت می یابد و پرش هیدرولیکی که خود یک نوع جریان متغیر سریع است در فصول آینده مورد بررسی قرار خواهند گرفت .

در شکل ۵-۱ شکل گیری جریان متغیر تدریجی قبل از یک بند (مانع) و نیز شکل گیری جریانهای متغیر تدریجی قبل و پس از یک دریچه کشویی نشان داده شده اند.



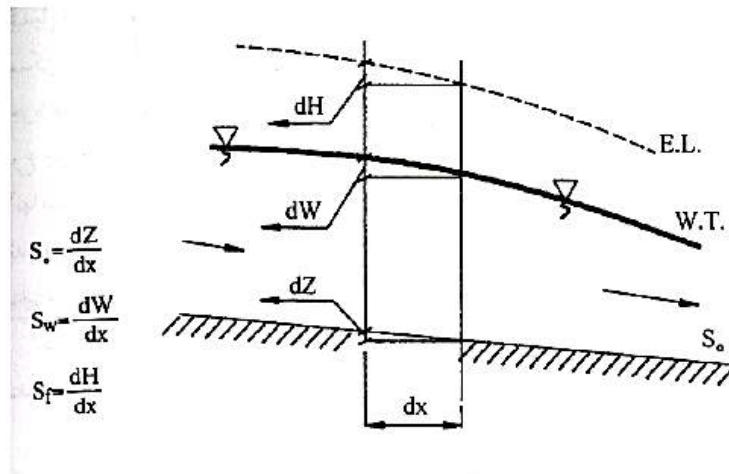
در جریانهای متغیر تدریجی، که مشخصات آنها را در یک فاصله کوتاه dx از مسیر می توان در شکل ۵-۲ ملاحظه نمود، به ازاء یک دبی ثابت در کانال عمق و سرعت در امتداد طولی جریان تغییر می کند و لذا:

$$\frac{dQ}{dx} = 0 \quad \frac{dV}{dx} \neq 0 \quad \frac{dy}{dx} \neq 0$$

از طرفی با توجه به دائمی بودن جریان، تغییر مشخصات در هر مقطع نسبت به زمان صفر می باشد شایان ذکر است که در این نوع جریان، از آن جا که سرعت و عمق در امتداد طولی جریان تغییر می کنند شیب طولی کانال (S_0)، شیب سطح آب (S_w) و شیب خط انرژی (S_f) با یکدیگر مساوی نخواهد بود:

$$S_0 \neq S_f \neq S_w$$

با توجه به تغییرات y نسبت به x ، چنانچه عمق در امتداد طولی جریان افزایش یابد ($y_2 > y_1$ یا $\frac{dy}{dx} > 0$) منحنی تغییرات عمق منحنی فراآب نامیده شده و چنانچه عمق در امتداد جریان کاهش یابد ($y_2 < y_1$ یا $\frac{dy}{dx} < 0$)، منحنی تغییرات سطح آب از نوع فروآب خواهد بود.



تئوری جریانهای متغیر تدریجی:

در این قسمت ابتدا به ازاء جاری شدن یک دبی ثابت در کانال، نحوه تغییرات عمق جریان بررسی شده، انواع نیمرخهای طولی سطح آب معرفی خواهند شد. سپس قانونمندی حاکم بر تغییرات عمق، که از نظر ریاضی به صورت یک معادله دیفرانسیل ظاهر می گردد، و نیز ترکیب نیمرخهای سطح آب و نحوه تشخیص و ترسیم آنها ارائه می گردند.

طبقه بندی نیمرخهای طولی سطح آب: (Classification Of Water Surface profiles)
برای طبقه بندی نیمرخهای سطح آب عموماً از دو علامت اختصاری که یکی معرف نوع شیب کانال بوده و با یکی از حروف M, S, C, H و A مشخص می شود و دیگری که معرف ناحیه جریان است و به صورت یکی از اعداد ۱، ۲ و ۳ در سمت راست حروف فوق الذکر قرار می گیرد، استفاده می گردد. به عنوان مثال نیمرخ نوع

M2 بیانگر آن است که جریان در یک شیب ملایم (Mild) برقرار بوده، تغییرات عمق

در ناحیه ۲ صورت می گیرد.

جدول ۵-۱، انواع شیب های ممکن در یک کانال منشوری را نشان می دهد. ملاحظه

می شود که بر این اساس تعیین نوع شیب در یک کانال منشوری به سادگی صورت

می گیرد. برای این منظور ابتدا به ازاء دبی، شیب، مشخصات هندسی و زبری بستر

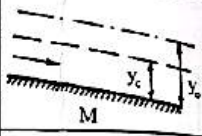
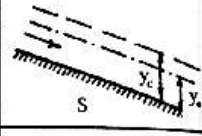
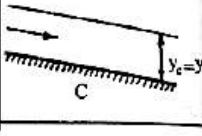
کانال، عمق نرمال مربوطه از رابطه مانینگ محاسبه می شود. سپس با توجه به

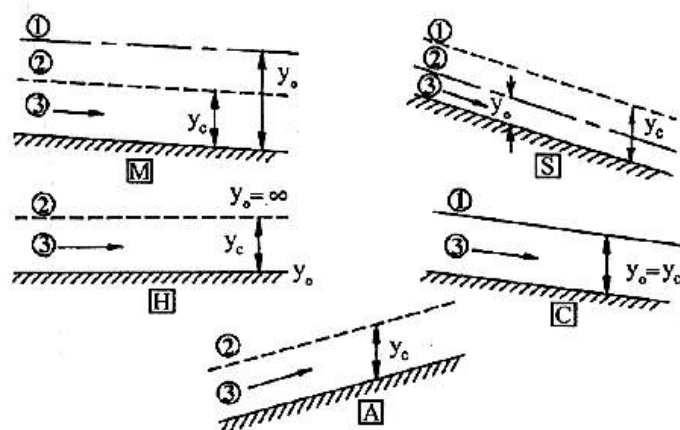
مشخص بودن دبی و مشخصات هندسی مقطع، عمق بحرانی نیز تعیین و از مقایسه

این دو عمق، نوع شیب معین می گردد.

جدول ۵-۱

جدول ۵-۱ انواع شیب های ممکن در یک کانال منشوری و مشخصات آنها

نوع شیب	علامت اختصاری	$y_n > = y_c$	$S_o > = < S_c$	نمایش شیب
ملایم (Mild)	M	$y_n > y_c$	$S_o < S_c$	
تند (Steep)	S	$y_n < y_c$	$S_o > S_c$	
بحرانی (Critical)	C	$y_n = y_c$	$S_o = S_c$	

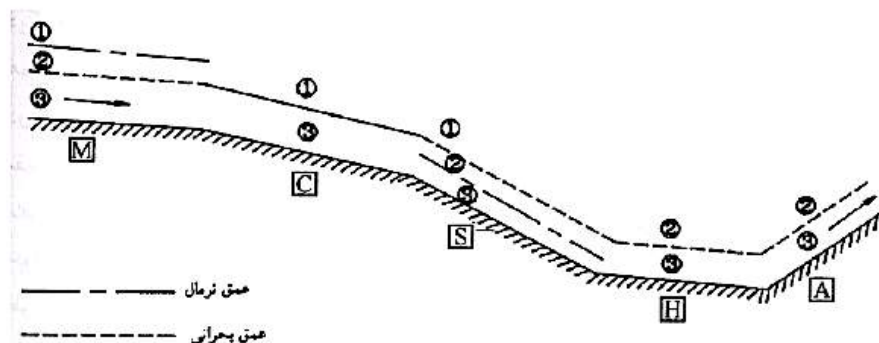


به عنوان مثال اگر در یک شیب ملایم، تغییرات عمق در محدوده بالاتر از عمق نرمال صورت گیرد ناحیه جریان، ناحیه ۱، و چنانچه در حد فاصل بین عمق نرمال و عمق بحرانی اتفاق افتد، ناحیه ۲، و در صورتی که در محدوده پایین تر از عمق بحرانی صورت پذیرد، ناحیه ۳ نامیده می شود.

با توجه به این توضیحات می توان نتیجه گیری نمود که براساس قرارداد در شیب های ملایم (M)، تند (S) و بحرانی (C) نیمرخهای M1، M2، M3، S1، S2، S3، C1 و C3 تشکیل می گردند در صورتی که به جهت عدم امکان شکل گیری جریان یکنواخت در کانالهای با شیب افقی ($y_0 \rightarrow \infty$) شیب معکوس، در این شیبها فقط نیمرخهای نوع H2، H3، A2 و A3 وجود خواهند داشت.

شکل ۵-۴ انواع شیبها و نواحی جریان را در شناسایی نیمرخهای مختلف سطح آب نشان می دهد که براساس آن می توان چگونگی نامگذاری نیمرخهای ۱۲ گانه سطح

آب را در کانالهای منشوری در ذهن مجسم نمود. بدیهی است به ازاء یک دبی ثابت، عمق بحرانی در کانالهای متوالی (و با شیب های مختلف)، مقداری یکسان دارد.



شکل ۵-۲

مثال:

آب با دبی $11/27 \text{ m}^3/\text{s}$ در یک کانال مستطیلی به عرض $6/1 \text{ m}$ و شیب طولی $0/001$ جریان دارد $(n = 0/017)$:

الف - نوع شیب کانال را مشخص نمایید.

ب - بندی در مسیر این کانال ساخته شد است که عمق آب را به $4/07 \text{ m}$ می رساند. ناحیه جریان را شناسایی و نوع نیمرخ سطح آب شکل گرفته در این ناحیه را مشخص نمایید.

حل:

الف: ابتدا عمق نرمال و عمق بحرانی در این کانال مشخص می گردند. این محاسبات می توانند با مراجعه به بخشهای ۴-۴ و ۲-۷ به سهولت انجام پذیرند که در این جا به منظور جلوگیری از طولانی شدن مطلب فقط به ذکر نتایج اکتفا می شود:

$$Q = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3} A$$

$$11.27 = \frac{1}{0.017} (0.001)^{1/2} \left(\frac{6.1}{6.1 + 2y_c} \right)^{2/3} (6.1 y_c) \rightarrow y_c = 1.13 \text{ m}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{11.27}{6.1} = 1.848$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} = \left(\frac{1.848^2}{9.81} \right)^{1/3} = 0.7 \text{ m}$$

با توجه به این که $y_0 > y_c$ است پس شیب کانال شیب ملایم (M) می باشد.

ب: از آنجا که ناحیه جریان در منطقه ای با عمق $4/07 \text{ m}$ می باشد و در این ناحیه

در $M1$ است، جریان در ناحیه یک اتفاق افتاده و لذا نیمرخ نوع $M1$ در

رسیدن به بند شکل گرفته است. شکل ۵-۱ الف می تواند بیانگر این مثال باشد.